

УДК 691:699.86

А. С. ЩЕРБАК^{1*}

^{1*} Каф. «Графика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 59, эл. почта Pro-f@ukr.net

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель. Рассмотреть современные теплоизоляционные материалы, представленные на рынке Украины, и оценить эффективность их применения. **Методика.** Исследование и анализ теплоизоляционных материалов, представленных на рынке Украины, согласно существующим стандартам. **Результаты.** Для обеспечения энергосбережения в зданиях и сооружениях необходимо применять отечественный теплоизоляционный материал, который обладает заданными теплотехническими характеристиками, пониженными показателями водопоглощения, горючести и токсичности, а также повышенной долговечностью и относительно низкой себестоимостью. **Научная новизна.** Систематизированы основные теплоизоляционные материалы, которые наиболее широко применяются в строительстве, проведены исследования их свойств и выбран наиболее эффективный теплоизоляционный материал – пеностекло, который отличается высокими теплотехническими свойствами и обладает наилучшими экологическими показателями, а также стойкостью к воздействию агрессивных факторов. **Практическая значимость.** Особое внимание заслуживает теплоизоляционный материал – пеностекло, который является искусственным силикатным материалом с равномерно размещенными порами (0,1...5,0 мм), разделенными тонкими перегородками из стекловидного вещества, обладает необходимыми свойствами и, благодаря вышесказанному, может быть принят для исследований, направленных на его усовершенствование (модификацию). Результаты исследований могут быть применены в производстве пеностекла, которое применяется для теплоизоляции зданий и сооружений, оборудования, трубопроводов и т.д.

Ключевые слова: теплопроводность; энергосбережение; теплоизоляция; силикат; долговечность; водопоглощение; горючесть; токсичность; пористость; плотность; прочность

Постановка проблемы

Основным резервом энергосбережения является снижение потребления энергоресурсов объектами жилищно-общественного назначения, доля которых в общем потреблении строительной отрасли составляет свыше 80 %. Приведение теплотехнических свойств объектов к современному европейскому уровню позволит, кроме сбережения энергоресурсов, решить проблему обеспечения нормативного уровня комфорта жилой среды, отсутствие которого стало существенной социальной проблемой жильцов многоквартирных жилых домов и работников заведений социального назначения.

Анализ предварительных исследований

Проведенный анализ материалов исследований и публикаций [1-8] указал на проблемы использования современных теплоизоляционных материалов. Если говорить о пенополистироле, то основными его отрицательными свойствами являются недолговечность, горючесть и экологическая опасность.

Как показывает опыт строительства, заложенный в стены пенополистирол через 10–15 лет разрушается. Также обстоит дело с минераловатными изделиями. Уже через 7–9 лет они переходят в пылевидное состояние, что экологически небезопасно. Следовательно, использование пенопласта и минераловатных изделий в строительстве ведет к тому, что уже через 7–10 лет ограждающие конструкции не будут обеспечивать требуемого термического сопротивления. Несмотря на преимущества ячеистых бетонов в сравнении с другими теплоизоляционными материалами, им присущи существенные недостатки. Высокое водопоглощение приводит к низкой влагонепроницаемости и морозостойкости. Повышенная гидрофобность их снижает адгезию к поверхности и затрудняет штукатурные работы. Низкая прочность в сочетании с большой плотностью и недостаточными теплоизоляционными свойствами сужает область их применения [5].

Цель работы

Рассмотреть современные теплоизоляцион-

ные материалы, представленные на рынке Украины, и оценить эффективность их применения.

Изложение основного материала

Учитывая большое разнообразие теплоизоляционных материалов, важным вопросом является их систематизация и разработка высокоэффективных материалов.

Благодаря проведенным исследованиям накоплен богатый экспериментальный опыт и разработаны эффективные материалы для обеспечения теплоизоляции зданий и сооружений. И проведение сравнительного анализа материалов позволит выбрать путь разработки новых составов для изготовления теплоизоляционных материалов и их эффективной оптимизации.

Известно, что основными требованиями к теплоизоляционным материалам являются низкая теплопроводность и пригодность для тепловой изоляции строительных конструкций жилищных, производственных и сельскохозяйственных зданий, поверхностей производственного оборудования и агрегатов (промышленных печей, турбин, трубопроводов, камер холодильников и др.).

Эти материалы должны иметь небольшую среднюю плотность – не выше 600 кг/м^3 , что достигается с помощью повышения их пористости [3].

В гражданском и транспортном строительстве тепловая изоляция позволяет уменьшить толщину ограждающих конструкций (стен, кровли), снижать затраты основных строительных материалов (кирпича, бетона, древесины), облегчать конструкции и снижать их стоимость, уменьшать затраты топлива в эксплуатационный период. В технологическом и энергетическом оборудовании тепловая изоляция снижает потери теплоты обеспечивает необходимый технологический температурный режим, снижает удельные затраты топлива на единицу продукции, улучшает условия труда. Чтобы получить достаточный эффект от применения тепловой изоляции, в инженерных проектах проводятся соответствующие тепловые расчеты, в которых принимаются конкретные разновидности теплоизоляционных материалов и учитываются их теплофизические характеристики [2].

За последние годы на украинском строи-

тельном рынке появились десятки новых теплоизоляционных материалов, благодаря чему произошел значительный прорыв, в первую очередь, в сфере энергосбережения. С развитием новых технологий, современные изоляционные материалы стали более эффективными, экологически безопасными, разнообразными и отвечают конкретным техническим заданиям строительства: возможности строительства высотных зданий, уменьшению толщины ограждающих конструкций, снижению массы зданий, расходов строительных материалов, а также экономии топливно-энергетических ресурсов при обеспечении нормального микроклимата в помещениях.

Для проведения качественной классификации теплоизоляционных материалов следует исследовать их особенности изготовления и свойства.

Органические теплоизоляционные материалы изготавливаются из натурального сырья: отходов деревообработки и сельского хозяйства, торфа, а также различных пластмасс, цемента. Это достаточно большая группа материалов, представленная на рынке в обширном ассортименте. Практически всем органическим теплоизоляторам свойственна низкая огне-, водо- и биостойкость. Как правило, применяют органические теплоизоляторы на участках, где температура поверхности и окружающей среды не поднимается выше 150 градусов, а также в качестве среднего слоя многослойных конструкций – в штукатурных фасадах, при облицовке стен, в тройных панелях и т. п.

Более стойки к действию влаги, огня и биоагентов, материалы, изготовленные из газонаполненных пластмасс (пенополистирол, пенопласт, поропласт, сотопласт и др.). Ячеистые пластмассы сегодня занимают значительную долю на рынке теплоизоляционных материалов. Утеплители на их основе пользуются заслуженной популярностью благодаря своим физическим свойствам, невысокой стоимости, простоте обработки и долговечности.

Изделия из арболита имеют следующий состав: портландцемент, мелковолоконистые компоненты (опилки, сеченая солома и камыш, щепка, стружка), а в качестве минерализатора используются химические добавки: растворимое стекло, сернокислый глинозем, хлористый кальций [6].

Наиболее распространен в современном

строительстве арболит, который имеет плотность $500 \dots 700 \text{ кг/м}^3$, теплопроводность этого материала составляет $0,08 \dots 0,12 \text{ Вт/(мК)}$, прочность при сжатии – $0,5 \dots 3,5 \text{ МПа}$; прочность на растягивание при изгибе – $0,4 \dots 1,0 \text{ МПа}$.

Пенополивинилхлорид (ППВХ) изготавливается путем поризации поливинилхлоридных смол. Средняя плотность материала – $60 \dots 200 \text{ кг/м}^3$. Различают твердый и мягкий поливинилхлорид, что позволяет использовать его как теплоизоляционный материал, так и для фасадов, стен, пола и кровли, а также дверей.

Древесностружечные плиты (ДСП) состоят из органических волокнистых компонентов (как правило, специальным образом подготовлена древесная стружка) – 90% ; смолы на синтетической основе – $7 \dots 9 \%$; гидрофобизирующие вещества, антисептика, антипирен. Их плотность – $500 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$; прочность при изгибе – от минимальной $10 \dots 25 \text{ МПа}$; влажность – $5 \dots 12 \%$; набухание в воде – $5 \dots 30 \%$.

Деревоволокнистые изоляционные плиты (ДВП) изготавливаются из отходов древесины: отходы деревообработки и лесопилен, бумажная макулатура, стебли кукурузы, соломы, как связующий компонент – всевозможные связующие: синтетические смолы и химические добавки (гидрофобизаторы, антипирены, антисептики), плотностью – до 250 кг/м^3 , прочностью при изгибе – до 12 МПа , теплопроводностью – до $0,07 \text{ Вт/(мК)}$.

Пенополиуретаны (ППУ) получают в результате химической реакции, в которую вступают полиэфир, вода, дизоцианид, эмульгаторы и катализаторы плотностью – $40 \dots 80 \text{ кг/м}^3$ (ППУ с плотностью выше 50 кг/м^3 приобретают также и гидроизоляционные свойства). ППУ обладают низкой теплопроводностью – $0,019 \dots 0,028 \text{ Вт/мК}$. Кроме тепло- и гидроизоляционных свойств, ППУ обладают высокой акустической изоляционной способностью, высокой химической стойкостью. Применяются для запиливаемой теплоизоляции, позволяют обеспечивать гидроизоляцию и утепление конструкций любой сложности, избегая возникновения «мостиков холода».

Мипора изготавливается путем вспенивания водной эмульсии смолы мочевино-формальдегидной, в которую для снижения хрупкости добавляется глицерин. Также в составе этого материала присутствуют нефтяные сульфокислоты (как пенообразователь) и органические

кислоты (как катализатор). Мипора может поставляться как в виде блоков, плит или крошки, так и заливаться в конструкции и полости, где и твердеет при комнатной температуре. Плотность ее не превышает 20 кг/м^3 (это почти в 10 раз меньше, чем у пробки), теплопроводность – $0,03 \text{ Вт/(мК)}$. Мипора не горит при температуре до $500 \text{ }^\circ\text{C}$, а лишь обугливается. Кроме того, в состав мипоры вводят антипирен, который предотвращает ее воспламенение в среде кислорода. Мипора чувствительна к агрессивному химическому действию. Из-за высокой пористости имеет значительное водопоглощение.

Пенополистирол (ППС) является пенопластом, который состоит на 98% из воздуха и на 2% – полистирола, выработанного из нефти, путем поэтапного процесса. Также в состав пенополистирола вводится незначительное количество разных модификаторов, например, антипирен. Его теплопроводность – $0,037 \dots 0,041 \text{ Вт/(мК)}$, а низкая гигроскопичность обуславливает отличные гидроизоляционные качества пенополистирола, стойкий к коррозии, он не создает благоприятную среду для развития микрофлоры, несклонный к действию биоагентов – обладает низкой горючестью. В принципе, это самозатухающий материал: при горении количество тепловой энергии, которая выделяется пенополистиролом, меньше, чем у древесины в 7 раз.

Вспененный полиэтилен изготавливается из полиэтилена с добавлением, как пенообразующего агента, углеводородов. Плотность его $25 \dots 50 \text{ кг/м}^3$, теплопроводность – $0,044 \dots 0,051 \text{ Вт/мК}$. Используется в качестве шумо- и пароизоляции при температуре в диапазоне от -40 до $+100 \text{ }^\circ\text{C}$, имеет низкое водопоглощение, а также является химически и биологически стойким материалом.

Фибролит является плиточным материалом, который изготавливается из тонких, узких древесных стружек (древесной шерсти) и неорганического вяжущего компонента (как правило, для этого используется портландцемент, иногда – магнезиальное вяжущее). Плотность материала – $300 \dots 500 \text{ кг/м}^3$, теплопроводность – $0,08 \dots 0,1 \text{ Вт/(мК)}$. Фибролит благодаря неорганическим добавкам имеет более высокие показатели огнестойкости, биологической и химической стойкости. Может применяться в условиях повышенной влажности, например, для обработки помещений, где расположены

бассейны [4].

В результате проведенных исследований у всех органических теплоизоляционных материалов основными недостатками являются их низкие показатели стойкости под воздействием нагрузок, огня, воды и грызунов. Кроме того, эти материалы имеют высокую степень токсичности, особенно во время пожаров. Поэтому их можно рекомендовать к использованию только в помещениях, где нет постоянного присутствия людей, или для утепления стен снаружи зданий, при условии обеспечения их надежной защиты от атмосферных воздействий.

Неорганические теплоизоляционные материалы представлены на рынке в еще более широком ассортименте. Для их производства применяется всевозможное минеральное сырье: горные породы, шлак, стекло, асбест. К утеплителям этого типа относятся минеральная и стеклянная вата, изделия из них, некоторые легкие бетоны на вспученном перлите, вермикулите и других пористых заполнителях, ячеистые теплоизоляционные бетоны, асбестовые, асбестосодержащие, керамические материалы, пеностекло. Первое место по объемам производства среди всех теплоизоляционных материалов занимает минеральная вата. Наиболее популярна вата таких производителей, как Isover, Isoroc, Rockwool. Эти материалы малогигроскопичные, огнестойкие, не поддаются загниванию. Их используют как для утепления строительных конструкций, так и для изоляции горячих поверхностей промышленного оборудования и трубопроводов.

Минеральные утеплители выпускаются самого разного вида. Это могут быть и рулонные материалы, и жесткие плиты, и сыпучие материалы. Мы рассмотрим лишь основные из них и исследуем наиболее распространенные на рынке неорганические теплоизоляционные материалы, такие как: минеральная вата, стекловата, пеностекло, ячеистые бетоны, силикаты и др.

Минеральная вата, в зависимости от сырья, может быть каменной (базальт, доломит, диабаз, известняк, и ..) и шлаковой (шлаки черной и цветной металлургии). Кроме минерального сырья в составе минеральной ваты присутствуют связывающие компоненты: фенольная или карбомидная смола. Вата с фенольным связывающим веществом наиболее распространена в строительстве, поскольку является более

водостойким материалом, чем минеральная вата с карбомидным связующим. Минеральная вата является негорючим материалом. Кроме того, она способна предотвращать распространение огня, поэтому ее используют также и для огнезащиты и противопожарной изоляции. Минеральная вата (минвата) используется в качестве эффективной акустической изоляции, поскольку обладает высоким звукопоглощением. Она имеет чрезвычайно низкую гигроскопичность и высокую химическую стойкость. Минеральная вата дает очень низкую усадку, которая обеспечивает сохранение геометрических размеров материала в течение всего срока эксплуатации и предотвращает возникновение «мостиков холода». Недостатком минеральной ваты является ее высокая паропроницаемость. Поэтому теплоизоляция из минваты часто требует дополнительной пароизоляции.

Для изготовления стеклянной ваты (стекловата) используют то же сырье, что и для производства стекла или отходы стеклянной промышленности. Волокна стекловаты имеют большую, чем у минеральной ваты, толщину и длину. Благодаря этому стекловата обладает высшей прочностью и упругостью. Плотность стеклянной ваты в рыхлом состоянии – не выше 130 кг/м^3 , теплопроводность – $0,030 \dots 0,052 \text{ Вт/мК}$, температуростойкость – не превышает $450 \text{ }^\circ\text{C}$. Стекловата широко применяется как звукоизолятор. Обладает высокой стойкостью к химическому воздействию. Не гигроскопична, не склонна к коррозии, негорючая, не выделяет токсичных веществ под действием огня.

Керамическая вата изготавливается методом высокоскоростного центрифугирования или раздувания из окислов алюминия и кремния, циркония. Керамическая вата обладает существенно высшей термостойкостью, чем стеклянная вата, и даже опережает по этому показателю вату минеральную. Максимальная рабочая температура использования изделий из керамической ваты превышает $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Теплопроводность изделий – $0,13 \dots 0,16 \text{ Вт/мК}$ (при температуре $600 \text{ }^\circ\text{C}$), плотность – до 350 кг/м^3 . При температуре выше $100 \text{ }^\circ\text{C}$ керамическая вата приобретает электроизоляционные свойства; обладает высокой химической стойкостью. Изделия из керамической ваты стойки к разным деформациям [1].

Пеностекло (пористое стекло) выпускают в виде блоков или плит путем спекания порошка стеклогранулята или некоторых горных пород

вулканического происхождения (сиенит, нефелин, обсидиан и др.) с газообразователями, например с известняком или антрацитом. При температуре 800...900 °С части стеклогранулята начинают сплавляться, а выделяющиеся из газообразователя газы образуют большое количество пор (пористость от 80 до 95 %). При этом в стекловидном материале межпоровых стенок содержатся мелкие микропоры. Двойкий характер пористости обеспечивает высокую теплоизоляционную способность пеностекла. Теплопроводность у плит из пеностекла при средней плотности 150...300 кг/м³ колеблется от 0,04 до 0,12 Вт/(мК), а граница прочности при сжатии от 1,0 до 3,0 МПа, при этом они хорошо обрабатываются (пилятся, сверлятся, шлифуются). Изделия из пеностекла имеют высокую водостойкость, морозостойкость и температуростойкость. Для стекла обычного состава температуростойкость равняется 300...500 °С, для безщелочного стекла – до 1000 °С. Пеностекло применяют как утеплитель стен, перекрытий, полов и кровель промышленных и гражданских домов, в том числе железобетонных панелей в сборных крупнопанельных домах, в конструкциях холодильников, а также для изоляции тепловых установок и сетей [8].

Ячеистые бетоны и силикаты применяют как теплоизоляционные материалы и изделия при средней плотности ниже 400 кг/м³. По виду примененного порообразователя и вяжущего вещества в этих теплоизоляционных материалах их называют газобетонами, газосиликатами, пенобетонами, пеносиликатами. Эти бетоны могут быть смешаны с порообразователем и тогда имеют названия – пеногазобетон, пеногазосиликаты, керамзитопенобетоны и тому подобное. Из ячеистых бетонов обычно изготавливают плиты длиной до 1 000 мм, шириной 400, 500, 600 мм, толщиной 80, 240 мм. Их марки по средней плотности 350 и 400 кг/м³, а граница прочности при сжатии для изделий первой категории качества не менее 0,7 МПа, теплопроводность в сухом состоянии при температуре 25 °С составляет 0,093...0,15 Вт/(мК). Плиты из ячеистых бетонов применяют для теплоизоляции стен и перекрытий, покрытия поверхностей заводского оборудования и трубопроводов (пластичные бетоны и растворы) [4].

Все неорганические теплоизоляционные материалы имеют высокую стойкость к воздействию огня и не выделяют токсических веществ. Поэтому они являются наиболее универсальными при утеплении зданий и оборудования.

На основании проведенного анализа литературных источников и проведенных предварительных экспериментов была выполнена систематизация наиболее эффективных теплоизоляционных материалов. Так в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Материалы и здания для железнодорожного транспорта» при Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта были проведены комплексные исследования групп теплоизоляционных материалов. Главной целью проведенных исследований было определение физико-механических свойств наиболее распространенных теплоизоляционных материалов (табл. 1).

Выводы

Проведя анализ теплотехнических характеристик разных теплоизоляционных материалов, представленных на рынке Украины, можно отметить, что все они удовлетворяют требованиям ДБН В 2.6-31:2006 «Тепловая изоляция зданий», однако, также следует уточнить: пенополиуретан, пенополистирол, экструдированный пенополистирол, минеральная вата и изделия и вспененный полиэтилен выделяют токсичные вещества, концентрация которых не превышает ПДК, но обладает накопительными свойствами, что ограничивает область применения данных материалов. Наиболее оптимальным по теплотехническим, эксплуатационным и физико-механическим свойствам, а также, учитывая экологическую безопасность и технологичность, является пеностекло. Однако производство этого материала достаточно энергоемко и требует модификации и оптимизации составов, а также совершенствования технологии производства с целью снижения стоимости этого материала без потерь в физико-механических показателях.

Физико-механические свойства теплоизоляционных материалов

Показатель	Базальтовая вата	Стекловата	Пенополистирол	Экструдированный пенополистирол	Пеностекло	Целлюлозная изоляция	Газобетон	Мипора
Коэффициент теплопроводности, λ (Вт/мК)	0,04...0,059	0,04...0,043	0,034...0,04	0,03	0,04...0,05	0,036...0,04	0,08...0,15	0,035...0,047
Водопоглощение, % по массе	до 70	до 70	1,5...3,5	0,1...0,4	0,2...1	20	20	15...20
Плотность, ρ (кг/м ³)	30	25	25...27	28...45	120...160	35...65	350...700	10...20
Прочность при сжатии, (МПа)	до 0,1	до 0,1	0,18	0,2...0,5	1...3	-	3...7	0,025...0,03
Прочность при изгибе, (МПа)	-	-	0,27	0,25...0,7	0,4...0,6	-	2...5	0,025...0,03
Коэф-нт паропроницаемости, μ (мг/м·ч·Па)	0,54	0,55	0,05	0,015...0,018	0...0,005	0,3	0,23...0,28	0,2...0,3
Горючесть, марка	НГ	НГ	Г1 - Г4	Г1 - Г4	НГ	Г1 - Г2	НГ	Г2
Рабочая температура, (°C)	до +700	от -60 до +450	от -50 до +60	от -50 до +75	от -30 до +500	-	от -30 до +400	от -50 до +100
Долговечность, (лет)	до 50	до 10	10 - 15	до 50	Неограничено	до 80	В сухом состоянии неограничено	больше 50

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Будівельне матеріалознавство на транспорті : підручник для вузів / О. М. Пшінько, А. В. Краснюк, В. В. Пунагін, О. В. Громова. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – 624 с.
- Горлов, Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов : учебник для вузов / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – М : Стройиздат, 1980. – 399 с.
- Кривенко, П. В. Будівельне матеріалознавство : підручник / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський. – К. : ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 704 с.
- Сухарев, М. Ф. Производство теплоизоляционных материалов / М. Ф. Сухарев, И. Л. Майзель, В. Г. Сандлер. – М. : Высшая школа, 1981. – 231 с.
- Пшінько, А. Н. Модифицированный теплоизоляционный неорганический материал на основе алюмосиликатного сырья как альтернатива существующим утеплителям / А. Н. Пшінько, А. В. Краснюк, А. С. Щербак // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. трудов. – Вып. 61. – Д. : ПГАСА, 2011. – С. 344–349.
- Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. – М. : Инфра-М, 2003. – 265 с.
- Щербак, А. С. Експлуатаційні та екологічні переваги теплоізоляції із застосуванням модифікованого піноскла / А. С. Щербак // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. транс. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2010. – Вип. 32. – С. 141–142.
- Schill, F. Pěnové sklo: výroba a použití / F. Schil. – Praha : SNTL, 1962. – 269 p.

А. С. ЩЕРБАК^{1*}

^{1*}Каф. «Графіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел.+38 (056) 373 15 59, ел. пошта Pro-f@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Розглянути сучасні теплоізоляційні матеріали, представлені на ринку України, і оцінити ефективність їх застосування. **Методика.** Дослідження і аналіз теплоізоляційних матеріалів, представлених на ринку України, згідно існуючим стандартам. **Результати.** Для забезпечення енергозбереження в будівлях і спорудах необхідно застосовувати вітчизняний теплоізоляційний матеріал, який володіє заданими теплотехнічними характеристиками, зниженими показниками водопоглинання, горючості і токсичності, а також підвищеною довговічністю і відносно низькою собівартістю. **Наукова новизна.** Систематизовані основні теплоізоляційні матеріали, які найширше застосовуються в будівництві, проведені дослідження їх властивостей і вибраний найбільш ефективний теплоізоляційний матеріал – піноскло, який відрізняється високими теплотехнічними властивостями і володіє якнайкращими екологічними показниками, а також стійкістю до дії агресивних чинників. **Практична значимість.** На особливу увагу заслуговує теплоізоляційний матеріал – піноскло, який є штучним силікатним матеріалом з рівномірно розміщеними порами (0,1...5,0 мм), розділеними тонкими перегородками з склоподібної речовини, володіє необхідними властивостями і, завдяки вищесказаному, може бути прийнятий для досліджень, направлених на його удосконалення (модифікацію). Результати досліджень можуть бути застосовані у виробництві піноскла, яке використовується для теплоізоляції будівель і споруд, устаткування, трубопроводів і так далі.

Ключові слова: теплопровідність; енергозбереження; теплоізоляція; силікат; довговічність; водопоглинання; горючість; токсичність; пористість; щільність; міцність

A. S. SHCHERBAK^{1*}

^{1*}Dep. "Graphics", Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 373 15 59, e-mail Pro-f@ukr.net

RESEARCH OF PROPERTIES OF MODERN HEAT-INSULATION MATERIALS

Purpose. To study the modern heat-insulating materials presented at the market of Ukraine and to estimate the efficiency of their application. **Methodology.** Research and analysis of heat-insulating materials presented at the market of Ukraine, according to the existing standards. **Findings.** To ensure the energy efficiency in buildings and constructions it is necessary to apply the domestic heat-insulating material, which possesses the given thermo technical characteristics, reduced indexes of water absorption, flammability and toxicity, as well as durability and relatively low self-cost. **Originality.** Basic heat-insulating materials, which are most widely used in construction are systematized, the researches of their properties are conducted and the foam glass is chosen as the most effective heat-insulating material. It is characterized by high thermo technical characteristics and possesses the best ecological indexes, as well as the sturdiness for aggressive factors influence. **Practical value.** Special attention deserves the insulating material foam glass, which is a synthetic silicate material with evenly placed pores (0.1 ... 5.0 mm) separated by thin septa with a vitreous substance possesses the necessary properties and by aforesaid may be accepted for studies aimed its improvement (modification). The results of researches can be applied in the foam glass production, which is used for heat-insulation of buildings and constructions, equipment, pipelines etc.

Keywords: heat conductivity; energy efficiency; heat-insulation; silicate; durability; water absorption; flammability; toxicity; porosity; density; strength

REFERENCES

1. Pshinsko O.M., Krasniuk A.V., Punahin V.V., Hromova O.V. *Budivelne materialoznavstvo na transporti* [Building material science on the transport]. Dnipropetrovsk, Vyd-vo Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana Publ., 2010. 624 p.
2. Gorlov Yu.P., Merkin A.P., Ustenko A.A. *Tekhnologiya teploizolyatsionnykh materialov* [Technology of heat-insulating materials]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1980. 399 p.
3. Kryvenko P.V., Pushkarova K.K., Baranovskyi V.B. *Budivelne materialoznavstvo* [Building material science]. Kyiv, CLL UVPK «Eksob» Publ., 2004. 704 p.
4. Sukharev M.F., Mayzel I.L., Sandler V.G. *Proizvodstvo teploizolyatsionnykh materialov* [Production of heat-insulating materials]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1981. 231 p.
5. Pshinko A.N., Krasnyuk A.V., Shcherbak A.S. *Modifitsirovanny teploizolyatsionny neorganicheskiy material na osnove alyumosilikatnogo syrya kak alternativa sushchestvuyushchim uteplitelyam* [Modified heat-insulating inorganic material on the basis of aluminosilicate raw material as an alternative to existent insulants]. *Stroitelstvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Building, material science, mechanical engineering], 2011, issue 61, pp. 344-349.
6. Bobrov Yu.L., Ovcharenko Ye.G., Shoykhet B.M., Petukhova Ye.Yu. *Teploizolyatsionnye materialy i konstruktsii* [The heat-insulating materials and constructions]. Moscow, Infra-M Publ., 2003. 265 p.
7. Shcherbak A.S. *Ekspluatatsiini ta ekolohichni perevahy teploizoliatsii iz zastosuvanniam modyfikovanoho pinoskla* [Operating and ecological advantages of heat-insulation with the use of the modified foam glass]. *Visnyk Dniepropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan]. 2010, issue 32, pp. 141-142.
8. Schill F. *Pěnové sklo: výroba a použití*. Praha, 1962. 269 p.

Статья рекомендована к публикации, д.т.н., проф. Н. И. Нетесой (Украина); д.т.н., проф. Л. С. Савиным (Украина)

Надійшла до редколегії 11.02.2013.

Прийнята до друку 05.04.2013.